



**TUGAS AKHIR - SB 141510**

**PERTUMBUHAN TANAMAN SENGON  
(*Paraserianthes falcataria* L.) BERMIKORIZA  
PADA LAHAN TERCEMAR PB**

**DIAN FITRIANI**

**NRP 15111 100 702**

**DOSEN PEMBIMBING**

**Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech**

**Jurusan Biologi**

**Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2016**





**FINAL PROJECT - SB 141510**

**THE GROWTH OF SENGON (*Paraserianthes  
falcataria* L.) WITH MICORHIZE ON Pb AREA**

**DIAN FITRIANI**

**1511100702**

**SUPERVISOR**

**Triono Bagus Saputro, S.Si., M.Biotech**

**DEPARTMENT OF BIOLOGY**

**Faculty Of Matematics and Natural Science**

**Sepuluh Nopember Institute Of Technology**

**Surabaya 2016**





**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PERTUMBUHAN TANAMAN SENGON**  
**(*Paraserianthes falcataria* L.) BERMIKORIZA**  
**PADA LAHAN TERCEMAR Pb**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains  
Pada  
Jurusan S-1 Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DIAN FITRIANI**  
**NRP. 1511 100 702**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:**

Triyono Bagus S., S.Si., M.Biotech..... (Pembimbing)

Surabaya, 29 Januari 2016



Dr. Dewi Hidayati, S.Si., M.Si  
NRP. 08691127 199802 2 001

**PERTUMBUHAN TANAMAN SENGON  
(*Paraserianthes falcataria* L.) BERMIKORIZA PADA  
LAHAN TERCEMAR Pb**

**Nama Mahasiswa : Dian Fitriani**  
**NRP : 1511100702**  
**Jurusan : Biologi ITS**  
**Dosen Pembimbing : Triono Bagus S, S.Si., M.Biotech**

**Uraian Singkat**

*Tanaman Paraserianthes falcataria L. diketahui mampu berasosiasi dan bersimbiosis dengan mikoriza, dimana peran mikoriza dapat meningkatkan kemampuan tanaman P. falcataria dalam bertahan di lahan tercemar logam berat. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh inoculasi mikoriza Glomus sp. terhadap pertumbuhan tanaman P. falcataria L. pada lahan tercemar Pb. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap. Faktor tersebut adalah inoculasi konsentrasi mikoriza Glomus sp. yang terdiri atas 0; 6,43; 16;67 dan 25 gr/Kg tanah yang telah tercekam oleh Pb. Data dianalisis dengan menggunakan ANOVA- one way ( $\alpha=5\%$ ) dan apabila berpengaruh nyata dilakukan uji lanjutan Duncan untuk menentukan besarnya perbedaan anatara perlakuan pada taraf signifikan 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inoculasi mikoriza dengan konsentrasi 25 gr/Kg tanah merupakan konsentrasi optimal yang dapat membantu pertumbuhan tanaman P. falcataria L. pada lahan tercemar Pb dan diketahui adanya protein spesifik yang terbentuk pada tanaman P. falcataria L. yang tercekam Pb, dengan kisaran berat molekul 53,67 dan 37,21 kDa.*

*Kata Kunci : Glomus sp., Logam Pb, Paraserianthes falcataria L.*





## **THE GROWTH OF SENGON (*Paraserianthes falcataria* L.) WITH MICORHIZE ON Pb AREA**

**Name of Student** : Dian Fitriani  
**NRP** : 1511100702  
**Study Programme** : Biologi ITS  
**Supervisor** : Triono Bagus S, S.Si., M.Biotech

### **Abstract**

*Paraserianthes falcataria* L has capability in association and having symbiosis with mycorrhize. The mycorrhize has a big role to increase the survival of *Paraserianthes falcataria* L in the heavy metal area. This research was aimed to determine the effects of *Glomus* Sp to the growth of *Paraserianthes falcataria* L in the Pb area. This research used a complete randomized with factorial pattern, those are inoculations of *Glomus* Sp with concentration 0; 6; 43; 16; 67 and 25 gr/kg soil in Pb. Then, data are analyzed using ANOVA –one way ( $\alpha=5\%$ ) and if we find the obvious difference, so we do Duncan test to determine how big the differences of each variables in 5% level. The results show that inoculations of mycorrhize with concentration 25 g/kg is the optimum concentration in increasing the growth of *Paraserianthes falcataria* L in the Pb area and we also detect a specific protein in the *Paraserianthes falcataria* L with Pb and it has molecule weight between 53,67 kDa.

**Keywords:** *Glomus* Sp, Pb, *Paraserianthes falcataria* L.



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin. Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga naskah Tugas Akhir yang berjudul “**Pertumbuhan Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* L.) Bermikoriza pada Lahan Tercemar Pb**” dapat diselesaikan dengan baik. Tulisan ini tidak akan terwujud dengan baik tanpa bantuan, dukungan dan dorongan dari semua pihak. Untuk itu penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Triono Bagus Saputro, M.Biotech., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama proses penyusunan naskah Tugas Akhir ini.
2. Dr. Dewi Hidayati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi ITS atas fasilitas yang telah diberikan hingga naskah Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
3. Dr. Techn. Endry Nugroho P, M.T., dan Wirdhatul Muslihatin, M.Si., selaku dosen penguji yang telah membantu penyelesaian perbaikan naskah Tugas Akhir.
4. Kepala Laboratorium Botani Jurusan Biologi ITS yang telah membantu secara administrasi dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Ketua Koordinator dan Penanggungjawab Urban Farming ITS atas bantuan selama proses pelaksanaan Tugas Akhir.
6. Kepala Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Surabaya atas bantuan persediaan mikoriza untuk pelaksanaan Tugas Akhir ini.

7. Kepala Laboratorium Fisik dan Kimia Tanah, Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas bantuan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
8. Kepala Tropical Disease Center (TDC) Universitas Airlangga atas bantuan selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Kedua orang tua dan keluarga besar lainnya yang selalu memberi semangat, dukungan dan doa.
10. Teman-teman mahasiswa Biologi 2011 (*Scylla serrata*) dan CSSMoRA ITS 2011 yang selalu membantu, memberikan semangat, doa dan dukungannya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan naskah Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekurangan, oleh karena itu penulis terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga Tugas Akhir ini memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, 29 Januari 2015

Penulis



## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
 BAB I PENDAHULUAN .....	 1
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	 5
2.1 Sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> L.) .....	5
2.2 Logam Berat Timbal (Pb).....	7
2.3 Pengaruh Logam Berat Pb Terhadap Tumbuhan .....	7
2.4 Mikoriza .....	9
2.4.1 Mikoriza Vesikular Arbuskula .....	10
2.5 Kandungan Klorofil .....	11
2.6 Profil Protein .....	13
 BAB III METODOLOGI .....	 15
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	15
3.2 Metode yang Digunakan	
3.2.1 Sterilisasi Media Tanam.....	15

3.2.2 Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah.....	15
3.2.3 Uji Viabilitas Mikoriza.....	15
3.2.4 Penyiapan Media Tanam.....	16
3.2.5 Pembuatan Bioreaktor .....	16
3.2.6 Pengairan.....	17
3.2.7 Pengamatan .....	17
3.2.8 Perhitungan Infeksi Mikoriza <i>Glomus</i> sp.....	18
3.2.9 Uji Kandungan Klorofil .....	19
3.2.10 Uji Profil Protein.....	20
3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data .....	21
3.3.1 Rancangan Penelitian .....	21
3.3.2 Analisis Data .....	21
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	23
4.1 Hasil Penelitian .....	23
4.1.1 Persentase Infeksi Akar .....	23
4.1.2 Pengaruh Inokulasi Mikoriza <i>Glomus</i> sp. dan Pb Pada Pertumbuhan <i>P. falcataria</i> L. ....	24
4.2 Pembahasan.....	31
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	35
5.1 Simpulan .....	35
5.2 Saran .....	35
 DAFTAR PUSTAKA .....	37
 LAMPIRAN .....	49
 DAFTAR RIWAYAT PENULIS.....	57

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Daun Tanaman Sengon.....	5
Gambar 2.1 Batang Tanaman Sengon.....	5
Gambar 2.2 Struktur klorofil a dan b .....	11
Gambar 2.3 Skema Elektroforesis untuk protein (SDS-PAGE). ..	14
Gambar 4.1 Infeksi akar sengon oleh mikoriza Glomus sp.....	24
Gambar 4.2 Tanaman Sengon Minggu ke-8 Pengamatan .....	27
Gambar 4.3 Akar Tanaman Sengon .....	28
Gambar 4.4 Profil Protein <i>Paraserianthes falcataria</i> L. ....	31



**“Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Persentase Infeksi Glomus sp. pada akar sengan ( <i>P. falcatariala</i> L.).....	23
Tabel 4.2	Analisis Sidik Ragam Pengaruh Inokulasi Mikoriza Pada Pertumbuhan Tanaman Sengan.....	25
Tabel 4.3	Pengaruh Glomus sp. Terhadap Parameter Pertumbuhan Tanaman Sengan .....	25

***“Halaman ini sengaja dikosongkan”***

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang**

*Paraserianthes falcataria* (L.) atau tanaman Sengon termasuk famili Leguminoceae. Tanaman ini sangat potensial untuk dipilih sebagai salah satu komoditas dalam pembangunan hutan tanaman, karena memiliki nilai ekonomis tinggi dan ekologis yang luas. Keunggulan ekonomi Pohon Sengon adalah termasuk jenis pohon kayu cepat tumbuh (*fast growing species*), pengelolaan relatif mudah, sifat kayunya termasuk kelas kuat dan permintaan pasar yang terus meningkat (Nugroho dan Salamah, 2015), sedangkan ecara ekologis Sengon dapat meningkatkan kualitas lingkungan seperti meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki tata air (Suharti, 2008).

Timbal (Pb) merupakan salah satu polutan utama di darat maupun di perairan. Limbah atau kotoran yang mengandung sejumlah timbal (Pb) secara teratur dibuang ke kebun atau lahan yang biasa digunakan sebagai kegiatan pertanian (Paivoke, 2002). Peningkatan Pb dalam tanah dapat berdampak negatif terhadap penurunan pertumbuhan, produktivitas, hingga dapat menyebabkan kematian pada tanaman, salah satunya adalah tanaman Sengon. Hal ini juga didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa cekaman Pb dapat menurunkan kadar klorofil tanaman (Patra, 2004).

Perlu adanya upaya pencegahan dampak kerusakan yang disebabkan oleh logam Pb pada tanaman Sengon, salah satunya adalah dengan penambahan mikoriza. Mikoriza merupakan simbiosis mutualisme antara cendawan (*Myces*) dan perakaran (*riza*) tumbuhan tinggi (Setiadi, 2001). Mikoriza dapat melindungi tanaman dari patogen akar dan unsur toksik logam berat (Alkerji, 2008).

Berdasarkan uraian di atas menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza sangat penting dalam proses pertumbuhan tanaman Sengon pada lahan tercemar logam berat. Pernyataan ini

didukung oleh Setiadi (2001), bahwa tanaman Sengon yang diinokulasi mikoriza dapat tumbuh dengan baik pada lahan tercemar nikel. Oleh sebab itu maka perlu dilakukannya penelitian ini untuk membuktikan apakah tanaman Sengon bermikoriza mampu tumbuh dengan baik pada lahan tercemar Pb.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada Penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh inokulasi mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman Sengon pada lahan tercemar Pb ?
2. Bagaimana Profil protein tanaman Sengon pada kondisi cekaman logam berat Pb ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Mikoriza yang digunakan adalah kelompok dari genus *Glomus* yang diperoleh dari Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Surabaya (BBPPTP).
2. Mikoriza yang diinokulasikan sebanyak 0; 8,34; 6,67 dan 25 gr/Kg tanah.
3. Tanaman yang digunakan merupakan bibit tanaman Sengon (*P. falcataria* L.) yang berumur 3 bulan, diperoleh dari PT Tani Sejahtera Nganjuk.
4. Logam berat yang digunakan adalah Pb dalam bentuk  $Pb(NO_3)_2$ .

## 1.4 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh pemberian konsentrasi *Glomus* sp. 0; 8,34; 16,7 dan 25 gr/Kg tanah terhadap pertumbuhan tanaman Sengon pada lahan tercemar Pb.
2. Mengetahui profil protein tanaman Sengon pada kondisi tercekam logam berat Pb.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh pemberian mikoriza *Glomus* sp. Pada pertumbuhan tanaman Sengon (*P. falcataria* L) yang tercekam Pb, serta memperoleh data bahwa Sengon (*P. falcataria* L.) mampu berasosiasi dengan mikoriza dalam proses fitoremediasi dan reklamasi lahan-lahan yang terkontaminasi logam berat.

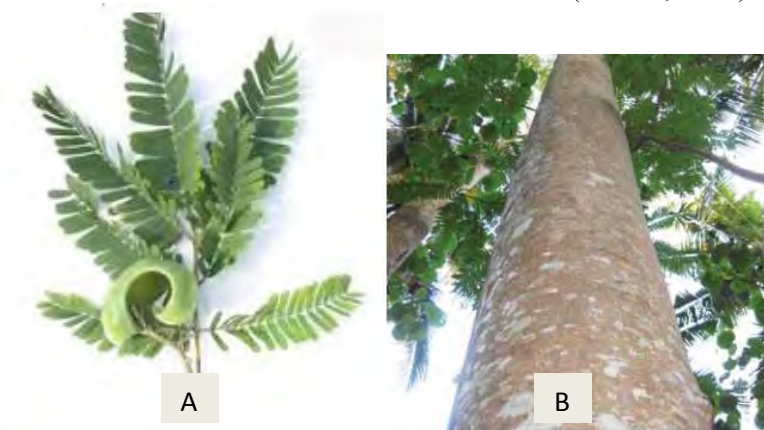
**“ Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Sengon (*Paraserianthes falcataria* L.)

Klasifikasi tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria*)

Regnum	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Leguminosae
Famili	: Mimosaceae
Genus	: <i>Paraserianthes</i>
Spesies	: <i>Paraserianthes falcataria</i> (L) Nielsen (Steenis, 1992)



Gambar 2.1 (A). Daun Seongon, (B) Batang Pohon Sengon  
(Krisnawati dkk, 2011)

Pohon Sengon umumnya berukuran cukup besar dengan tinggi pohon total mencapai 40 m dan tinggi bebas cabang mencapai 20 m , diameter pohon dewasa dapat mencapai 100 cm, permukaan kulit batang berwarna putih, abu-abu atau kehijauan, halus, kadang-kadang sedikit beralur dengan garis-garis lentisel



memanjang. Daun Sengon tersusun majemuk menyirip ganda dengan panjang sekitar 23–30 cm, anak daunnya kecil berbentuk lonjong dan pendek ke arah ujung, daun berwarna hijau pupus dan memiliki rambut-rambut halus di bagian abaksial daun. Bunga Sengon tersusun dalam malai berukuran panjang 12 mm, berwarna putih kekuningan dan sedikit berbulu, berbentuk lonceng. Bunganya biseksual, terdiri dari benang sari dan putik. Buah Sengon berbentuk polong pipih, berwarna hijau ketika muda dan berubah menjadi kuning sampai cokelat kehitaman jika sudah tua, keras dan berlilin (Soerianegara dan Lemmens, 1993).

Sengon merupakan tanaman asli Indonesia, Papua Nugini, Kepulauan Solomon, dan Australia (Soerianegara dan Lemmens, 1993). Sengon di Indonesia ditemukan tersebar di bagian timur dan di perkebunan di Jawa (Martawijaya dkk, 1989). Sengon dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, termasuk tanah kering, lembap, bahkan di tanah yang mengandung garam dan asam selama drainasenya cukup (Soerianegara dan Lemmens, 1993). Suhu optimal untuk pertumbuhan Sengon adalah 22-29 °C dengan suhu maksimum 30-34 °C dan suhu minimum 20-24 °C (Soerianegara dan Lemmens, 1993).

Tanaman Sengon dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti bahan konstruksi, dan untuk pembuatan kertas (Soerianegara dan Lemmens, 1993). Daun Sengon dapat digunakan sebagai pakan ternak yang baik, di Ambon (Maluku), kulit pohon Sengon digunakan untuk bahan jaring penyamak, kadang-kadang juga digunakan secara lokal sebagai pengganti sabun (Soerianegara dan Lemmens, 1993). Keberadaan nodul akar pada sistem perakaran Sengon dapat membantu porositas tanah dan penyediaan unsur nitrogen dalam tanah, sehingga pohon dapat membuat tanah di sekitarnya menjadi subur (Atmosuseno, 1999). Sengon juga diketahui dapat berasosiasi secara baik dengan vesikular-Arbuskular Mikoriza (MVA), dengan adanya asosiasi ini memungkinkan tanaman Sengon dapat tumbuh pada lingkungan ekstrim, kritis unsur hara, dan air. Oleh karena itu, tanaman Sengon dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas

tanah dan merehabilitasi lahan kritis (Setiadi, 2001). Sengon juga ditanam untuk tujuan reboisasi dan penghijauan guna meningkatkan kesuburan tanah (Heyne, 1987).

## **2.2 Logam Berat Timbal (Pb)**

Timbal atau Pb pada tabel periodik unsur kimia termasuk dalam kelompok logam golongan IV-A. Timbal mempunyai nomor atom (NA) 82 dan berat atom (BA) 207,2 merupakan suatu logam berat berwarna kelabu kebiruan dengan titik leleh 327 °C dan titik didih 1.725 °C. pada suhu 550-600 °C timbal menguap udara (Palar, 2004). Timbal banyak digunakan pada pabrik baterai, pabrik kaca, pabrik kabel listrik, pabrik cat pewarna, dan bahan peledak (Sudarmaji *et al.*, 2006).

Timbal adalah salah satu logam berat yang dianggap sebagai polutan lingkungan yang berbahaya karena bersifat racun bagi manusia, hewan dan tumbuhan, bahkan timbal dapat terakumulasi dalam organ tanaman dan hasil pertanian seperti halnya sayuran (Burzynski, 1987). Timbal (Pb) akan terakumulasi pada jaringan tubuh manusia, sehingga menyebabkan kerusakan pada beberapa organ seperti otak, ginjal, hati dan dapat menyerang sistem syaraf (Ramade, 1987).

Pencemaran lingkungan akibat timbal dapat berasal dari berbagai kegiatan yaitu pertambangan, limbah industri, bahan bakar kendaraan, dan pupuk atau peptisisda dari kegiatan pertanian (Sharma dan Dubey, 2005). Tanah tercemar timbal (Pb) mengandung kisaran 400 pb/Kg tanah, sedangkan daerah industri dapat mencapai 1000 mg Pb/Kg tanah (Palar, 2004). Tanah yang tercemar oleh Pb dapat menurunkan hasil produksi pertanian (Johnson dan Eaton, 1980). Dan menurut Alloway (1997) menyatakan bahwa tanah tercemar timbal (Pb) dapat mengancam kehidupan biota tanah dan tanaman.

## **2.3 Pengaruh Logam Berat Pb Terhadap Tumbuhan**

Secara umum pencemaran logam berat menyebabkan kerusakan intraseluler dan ekstraseluler yang mengakibatkan

gangguan pertumbuhan (Taiz & Zeiger, 2010). Secara umum mekanisme pencemaran logam berat pada tumbuhan terbagi ke dalam enam proses yaitu: (1) logam mengganggu fungsi enzim, (2) logam berat sebagai anti metabolit (3) logam membentuk lapisan endapan yang stabil (kelat) dengan metabolit esensial, (4) logam sebagai katalis dekomposisi pada metabolit esensial, (5) logam mengubah permeabilitas membran sel, (6) logam berat menggantikan struktur elektrokimia unsur yang paling penting dalam sel (Manahan, 1977).

Logam berat masuk ke tumbuhan melalui sel akar dengan cara difusi aktif atau melalui transporter non-spesifik, jika konsentrasinya tinggi. Pada konsentrasi ini, logam berat mengganggu aktivitas kerja enzim dengan memodifikasi struktur protein atau mengganti elemen penting yang mengakibatkan gejala defisiensi. Plasma membran sangat rentan terhadap toksisitas logam berat ketika permeabilitas dan fungsi dipengaruhi oleh perubahan protein membran intrinsik seperti  $H^+$ -ATPase. Selain itu, produksi jenis oksigen reaktif menyebabkan kerusakan oksidatif jaringan tanaman yang terjadi akibat respon tingginya tingkat logam berat. Sebagai konsekuensinya, terjadi gejala menyerupai klorosis, pertumbuhan yang lambat, akar kecokelatan yang menurunkan efektivitas, berpengaruh terhadap fotosistem, gangguan terhadap siklus sel, dan lain sebagainya. Tanaman biasanya melakukan mekanisme umum dalam mempertahankan homeostasis dibawah konsentrasi ion logam berat yang tinggi (Leyval et al, 2002).

Timbal (Pb) secara biokimia berfungsi sebagai penghambat sistem enzim dalam mengkonversi asam amino dan pencemaran Pb pada tumbuhan akan sangat membahayakan kesehatan dan mengurangi laju pertumbuhan tanaman (Mengel dan Kirby, 1987). Pb mempengaruhi beberapa aktivitas metabolisme di dalam sel tanaman, sehingga menyebabkan terjadinya penurunan persentasi perkecambahan, panjang akar, tinggi tanaman dan tunas (Munzuroglu dan Geckil, 2002). Penyerapan nutrisi dan mineral (Paivoke, 2002). Dan pembelahan sel (Eun *et al.*, 2000).

Menurut Zengin (2005) menyatakan bahwa cekaman Pb, Cd, dan Hg dapat menurunkan kandungan klorofil, yaitu dengan cara menghambat proses enzimatik dan menghambat masuknya nutrisi penting pembuatan klorofil. Penurunan kadar klorofil terjadi seiring dengan meningkatnya logam berat, perubahan ini terjadi akibat meningkatnya konsentrasi logam berat terkait dengan rusaknya struktur kloroplas. Pembentukan struktur kloroplas sangat dipengaruhi oleh nutrisi mineral seperti Mg dan Fe. Masuknya Pb yang berlebihan pada tumbuhan akan mengurangi asupan Mg dan Fe, sehingga menyebabkan perubahan pada volume dan jumlah kloroplas (Jones, *et al.*, 1991).

## 2.4 Mikoriza

Mikoriza merupakan simbiosis antara jamur dengan akar tanaman. Jumlah mikoriza sangat melimpah di alam dan ditemukan hampir 80% dapat bersimbiosis dengan tumbuhan (Charoenpakdee *et al.*, 2010). Berdasarkan hubungan jamur dengan inangnya serta susunan anatomi infeksi, terdapat tiga macam mikoriza, yaitu:

- a) Ektomikoriza merupakan jenis mikoriza yang mudah dikenali tanpa melalui pewarnaan. Hifa ektomikoriza tumbuh di dalam ruang interseluler antara epidermis dan korteks, dan membentuk mantel yang menyelimuti akar yang disebut dengan *Hearing net* dan sifatnya merusak akar (Ismi dan Utomo, 1995).
- b) Endomikoriza merupakan jenis mikoriza yang struktur hifanya tidak membentuk mantel atau selubung luar, tetapi hidup di dalam sel-sel akar dan membentuk hubungan langsung dengan sel-sel akar dan tanah sekitarnya (Ismi dan Utomo, 1995). Dalam jaringan akar, endomikoriza membentuk arbuskel dan vesikel, yang terbentuk melalui penggelembungan hifa terminal. Struktur-struktur ini menjadikan endomikoriza sebagai Versikular Arbuskular Mikoriza (MVA).

#### 2.4.1 Mikoriza Vesikular Arbuskula (MVA)

Cendawan Mikoriza Vesikular-Arbuskular (MVA) merupakan jenis cendawan endomikoriza yang membentuk vesikel dan arbuskel di dalam akar. Arbuskel yang terbentuk di dalam jaringan akar akan berfungsi sebagai tempat pertukaran antara cendawan mikoriza dengan akar tanaman inang. Vesikel merupakan organ yang berbentuk kantung yang terletak di ujung hifa. Vesikel mengandung banyak lemak yang berfungsi untuk penyerapan. Pertumbuhan hifa, pembentukan, dan *senescense* arbuskel serta pembentukan vesikel berhubungan langsung dengan pembentukan akar (Sylvia *dalam* Pujiyanto, 2001).

Akhir-akhir ini banyak bukti yang menunjukkan bahwa aktivitas MVA berperan besar dalam mobilisasi logam yang terikat oleh komponen tanah (Göhre and Paszkowski 2006). Bai et al. (2008) mengemukakan bahwa MVA mempunyai pengaruh terhadap penyerapan logam (translokasi dan akumulasi pada jaringan tanaman) dan pertumbuhan tanaman inang. Sudová *et al.* (1996) secara khusus mengungkapkan mengenai serapan oleh tanaman jagung yang diinokulasi mikoriza pada konsentrasi Pb yang tinggi. Selain tanaman mampu tumbuh dengan baik, juga mengakumulasi dan mentranspor logam ke akar dan tajuk tanaman. Menurut Setiadi (2001) menyatakan beberapa mikoriza yang termasuk ke dalam kelompok VAM yaitu:

1. Glomus  
Perkembangan spora Glomus adalah dari hifa. Ujung hifa akan membesar sampai ukuran maksimal dan terbentuk spora. Sporanya disebut Chlamidospora. Hifa yang lain kadang-kadang bercabang dan tiap cabang terbentuk *Chlamydospores* dan ini disebut *sporocarp*.
2. Gigaspora  
Perkembangan spora Gigaspora tidak berasal dari hifa. Ujung hifanya pertamata membulat dan dinamakan suspensor. Di atas suspensor ini timbul bulatan kecil yang

semakin lama semakin membesar dan mencapai ukuran maksimum lalu akhirnya menjadi spora. Spora ini dinamakan *azygospora*

### 3. Acaulospora

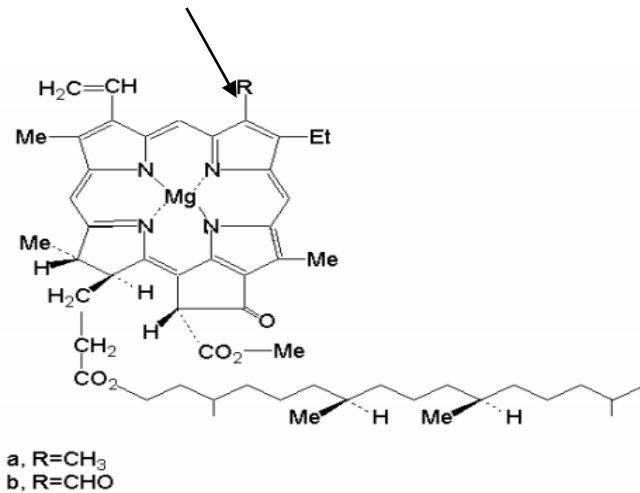
Proses perkembangan Acaulospora seolah-olah dimulai dari hifa, padahal sebenarnya tidak. Pertama-tama terbentuk substending hifa yang dihasilkan oleh hifa terminus. Diantara dua organ tersebut timbul bulatan kecil yang semakin besar. Selama proses perkembangan, hifa terminus akan rusak dan hancur. Isi dari hifa terminus tersebut adalah spora. Karena perkembangan spora bukan dari hifa, maka dinamakan *azygospora*

## 2.5 Kandungan Klorofil

Klorofil merupakan suatu pigmen yang ditemukan di banyak tumbuhan, alga dan cianobakteria. Nama klorofil berasal dari bahasa Yunani yakni *cloros* (hijau kekuningan) dan *phyllon* (daun). Klorofil menyerap sinar pada panjang gelombang biru-ungu dan merah, kemudian memantulkan sinar pada panjang gelombang hijau sehingga tanaman yang mengandung pigmen cenderung berwarna hijau (Dwidjoseputro, 1994).

Klorofil tersusun dari sebuah cincin *porphyrin* yakni suatu *tetrapyrrole* yang saling dihubungkan melalui suatu jembatan *methane* dan sebuah rantai hidrokarbon (*phytyl*). Seluruh atom N pada cincin *porphyrin* melalui sebuah gugus ester banyak mengandung ikatan C dengan N dan O, adanya ikatan antara N dan ion Mg menyebabkan senyawa klorofil bersifat polar. Struktur klorofil a dan klorofil b yang merupakan dua jenis klorofil yang paling umum, dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Klorofil dapat dibedakan menjadi klorofil a dan klorofil b. Klorofil a mampu menyerap cahaya merah dan biru keunguan. Klorofil a sangat berperan dalam reaksi gelap fotosintesis. Sedangkan, klorofil b merupakan klorofil yang mampu menyerap cahaya biru dan merah kejinggaan (Dwidjoseputro, 1994).



Gambar. 2.2 Struktur klorofil a dan b (Devlin, 1998)

Pembentukan klorofil melibatkan siklus asam sitrat dan asam amino. Gabungan antara asam sitrat dan asam amino tersebut akan menghasilkan asam amino levulinat sebagai senyawa antara pembentukan klorofil. Jika asam amino yang merupakan prekursor pembentuk klorofil menurun maka akan terjadi reduksi pembentukan klorofil. Berkurangnya asam amino tersebut mungkin karena adanya pengurangan oleh suatu zat tertentu, misalnya enzim (Lakitan, 2007). Peranan asam giberelat dalam pembentukan klorofil adalah pada pengaktifan enzim, setelah asam giberelat mengikat enzim yang terdapat pada membran, maka enzim tersebut akan mengubah ATP menjadi AMP-siklik, yang selanjutnya menggerakkan berbagai rentetan reaksi-reaksi sekunder dan tersier termasuk pembentukan klorofil-karotenoid. Dalam sistem ini, AMP-siklik disebut pembawa/kurir berita

kedua, sedangkan asam giberelat disebut pembawa/kurir berita pertama (Wattimena, 1988).

Pengukuran kadar klorofil secara spektrofotometrik didasarkan pada hukum Lamber – Beer. Beberapa metode untuk menghitung kadar klorofil total, klorofil a dan klorofil b telah dirumuskan. Metode Arnon (1949), salah satunya adalah menggunakan menggunakan pelarut acetone 85 % dan mengukur nilai absorbansi larutan klorofil pada panjang gelombang ( $\lambda$ ) = 663 dan 644 nm. Rumus (Arnon, 1949 dalam Setiari dan Nurchayati, 2009):

$$\begin{aligned}\text{Klorofil a} &= 1,07 (\text{OD. 663}) - 0,094 (\text{OD. 644}) \cdot w/v \\ \text{Klorofil b} &= 1,77 (\text{OD. 644}) - 0,28 (\text{OD. 663}) \cdot w/v \\ \text{Klorofil Total} &= 8,02 (\text{OD. 663}) + 20,2 (\text{OD. 644}) \cdot w/v\end{aligned}$$

Keterangan :

W: Berat daun (g)

V: Volume larutan acetone (ml)

## 2.6 Profil Protein

Istilah protein yang dikemukakan pertama kali oleh pakar kimia Belanda, G.J.Mulder pada tahun 1939, yang berasal dari bahasa Yunani “proteios”. Proteios sendiri mempunyai arti yang pertama atau yang paling utama. Protein memegang peranan yang sangat penting pada organisme, yaitu dalam struktur, fungsi, dan reproduksi (Sumardjo, 2009).

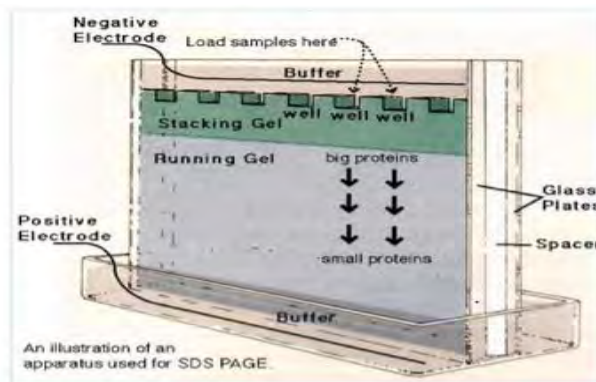
Protein adalah suatu polipeptida yang mempunyai bobot molekul yang sangat bervariasi, dari 5000 hingga lebih dari satu juta. Disamping berat molekul yang berbeda-beda, protein mempunyai sifat yang berbeda-beda pula. Ada protein yang mudah larut dalam air, tetapi ada juga yang sukar larut dalam air (Poedjiadi, 1994).

Kadar protein dapat ditentukan dengan membaca kurva standar, dibuat dengan larutan protein murni yang telah diketahui



kadar proteinnya misalnya BSA (Bovine Serum Albumin) yang memiliki rentang konsentrasi tertentu dimana konsentrasi sampel protein berada didalam rentang tersebut dengan konsentrasi yang semakin menaik (Sumardjo, 2009). Salah satu teknis yang digunakan untuk melihat profil protein dan menentukan bobot molekulnya menggunakan SDS-PAGE (Janson *et al*, 1998).

Sodium Dodecyl Sulphate Poly acrilamide Gel Elektroforesis (SDS-PAGE) adalah teknik untuk memisahkan rantai polipeptida pada protein berdasarkan kemampuannya untuk bergerak dalam arus listrik, yang merupakan fungsi dari panjang rantai polipeptida atau berat molekulnya. Hal ini dicapai dengan menambahkan deterjen SDS dan pemanasan untuk merusak struktur tiga dimensi pada protein dengan terpecahnya ikatan disulfide yang selanjut nya direduksi menjadi gugus sulfidhihidril. SDS akan membentuk kompleks dengan protein dan kompleks ini bermuatan negativ karena gugus- gugus anionic dari SDS (Hemes,1998). Prinsip dasar SDS-PAGE ini adalah denaturasi protein oleh sodium dedosil sulfat yang dilanjutkan dengan pemisahan molekul berdasarkan berat molekulnya dengan metode elektroforesis yang menggunakan gel, dalam hal ini yang digunakan adalah poliakrilamid (Janson *et al.*, 1998).



Gambar 2.3. Skema Elektroforesis untuk protein (SDS-PAGE)  
(Zainudin dkk., 2014)

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret 2015 sampai dengan Mei 2015 di *green house Urban Farming* ITS, dan Laboratorium Botani Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS).

### **3.2 Metode yang Digunakan**

#### **3.2.1 Sterilisasi Media Tanam**

Media yang digunakan adalah tanah taman yang disterilisasi dengan autoklaf selama 15 menit dengan tekanan 1 atm (Hapsari dkk, 2012).

#### **3.2.2 Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah**

Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Sampel tanah yang dianalisa merupakan tanah taman. Sampel tanah tersebut dianalisa sebanyak 3 kali ulangan, masing-masing ulangan sebanyak  $\pm 250$  gram (Nurhayati, 2010). Sifat fisik yang diukur adalah tekstur tanah, pH tanah, dan suhu tanah. Sedangkan sifat kimia tanah yang diukur adalah kandungan bahan organik (C-organik), kandungan NPK, dan kadar air (Sastrahidayat, 2011).

#### **3.2.3 Uji Viabilitas Mikoriza**

Uji viabilitas mikoriza dilakukan pada tanaman jagung dan tanaman Sengon. Inokulum mikoriza yang digunakan adalah genus *Glomus* sp. Dari BBPPTP Surabaya. Mikoriza tersebut digunakan untuk perlakuan konsentrasi dengan kelipatan 2, yaitu 2, 4, 6, 8, dan 10 gram. Masing – masing perlakuan konsentrasi inokulum tersebut diberikan pada benih jagung dan bibit Sengon yang ditanam pada media tanam sebanyak 200 gram di dalam

polybag. Masing – masing polybag diberi label dengan perlakuan. Inokulum mikoriza dimasukkan pada kedalaman 2 – 3 cm dari permukaan tanah, lalu ditutup dengan tanah. Selanjutnya, dimasukkan benih sedalam 1 cm dari atas permukaan tanah pada lubang yang sama ketika mikoriza dimasukkan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 2 kali (Imas *et al*, 1989). Tanaman ditumbuhkan selama 60 hari.

Setelah 8 minggu dilakukan pengamatan persentase infeksi mikoriza dengan membuat preparat akar semi permanen.

#### **3.2.4 Penyiapan Media Tanam**

Tanah yang sudah steril dimasukan ke dalam *polybag* sebanyak 3 Kg. Setiap *polybag* dicampur dengan spora *Glomus* sp. sebanyak 0; 8,34 , 16,67 dan 25 gr/Kg tanah. Kemudian ditanami 1 bibit Sengon dan dilakukan penyiraman setiap 1 kali sehari untuk menjaga kelembapan media. Bibit Sengon diadaptasi di lingkungan selama 14 hari.

#### **3.2.5 Pembuatan Bioreaktor**

Media tanam yaitu tanah taman sebanyak 3 kg dimasukkan ke dalam *polybag*, ditambahkan logam berat  $Pb(NO_3)_2$  dengan konsentrasi 266,67 mg/kg. Untuk penambahan mikoriza, tanaman Sengon yang telah diadaptasi dan diinfeksi sebelumnya dengan spora *Glomus* sp. Konsentrasi mikoriza yang diinokulasikan sebanyak 0; 8,34; 16,67 dan 25 gr/Kg. Inokulasi mikoriza dilakukan dengan menggunakan sistem lapisan. Media tanam diambil dengan ketebalan 1 cm, kemudian di atasnya dilapisi inokulum mikoriza dengan konsentrasi sesuai perlakuan kemudian dilapisi lagi dengan media tanam. Tanaman Sengon kemudian dimasukkan ke dalam media. kemudian ditumbuhkan pada rumah kaca selama 8 minggu. Bioreaktor yang akan digunakan terlebih dahulu di analisa pH dan suhu. Analisa pH dilakukan dengan menggunakan alat *soil tester*. *Soil tester* ini berupa alat yang dapat mengukur nilai pH tanah dengan membaca jarum penunjuk yang bergerak ketika *soil tester* ditancapkan pada

bioreaktor. Jarum akan bergerak sesuai dengan nilai pH dalam bioreaktor (Tauchid, 2011). Sedangkan Pengukuran suhu pada bioreaktor dilakukan dengan alat termometer. Pengukuran suhu dengan termometer ini dilakukan langsung pada bioreaktor tanaman Sengon yang ada di dalam rumah kaca. Termometer ditancapkan pada bioreaktor dan ditunggu  $\pm 5$  menit kemudian dilakukan pembacaan skala suhu yang tertera pada termometer (Tauchid, 2011).

### **3.2.6 Pengairan**

Seluruh bioreaktor disirami dengan air sebanyak 250 ml dalam 3 Kg tanah setiap pengairan. Penyiraman tanaman dilakukan setiap hari sekali pada pukul 08.00 WIB (Tauchid, 2011).

### **3.2.7 Pengamatan**

Pengukuran pengamatan tanaman Sengon sebagai berikut:

#### **1) Tinggi Tanaman**

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan menggunakan penggaris (cm) dari bagian pangkal batang tanaman yang tumbuh dipermukaan tanah sampai titik tertinggi batang dan diukur setiap seminggu 2 kali selama 6 minggu penanaman (Sitompul & Guritno, 1995).

#### **2) Panjang Akar**

Pengukuran panjang akar dilakukan dengan menggunakan meteran (cm) dari bagian pangkal akar sampai ujung akar yang terdalam dan dilakukan pada akhir meteran (Sitompul & Guritno, 1995).

#### **3) Berat Kering Tanaman**

Pengukuran berat kering dilakukan setelah tanaman dipanen yaitu 6 minggu setelah tanam. Bagian tanaman dipisahkan sehingga diperoleh 3 bagian tanaman yaitu akar, batang, dan daun. Akar kemudian dicuci dengan air di dalam *beaker glass* dan bilas kembali menggunakan aquades. Akar yang telah

dicuci lalu diletakkan di atas kertas saring menggunakan pinset untuk menyerap air. Kemudian setelah air terserap, dilakukan penimbangan berat basah dengan menggunakan neraca analitik. Perlakuan yang sama juga dilakukan pada batang dan daun. Selanjutnya akar, batang, dan daun tersebut dikeringkan pada suhu 60°C di dalam oven sampai benar-benar kering. Akar, batang, dan daun yang telah benar – benar kering kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik sehingga dipeoleh berat kering akar, batang, dan daun tanaman tersebut (Sastrahidayat, 2011).

### **3.2.8 Perhitungan Infeksi Mikoriza *Glomus* sp.**

Perhitungan infeksi mikoriza pada akar Sengon dilakukan dengan dibuat terlebih dahulu preparat akar semi permanen. Anak cabang akar tanaman dibersihkan dan di potong sepanjang 1 cm menggunakan scalpel. Kemudian akar dicuci dengan air dan dimasukkan ke dalam tabung film lalu ditambahkan KOH 10% kemudian dipanaskan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit. Setelah itu KOH dibuang dan ditambahkan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> selama 5 menit yang selanjutnya dibuang dan dibilas dengan air. Kemudian diberi HCl 5% selama 5 menit. Setelah itu HCl dibuang dan ditambahkan lactophenol tryphan blue (LTB) dan dipanaskan dalam autoklaf 121°C selama 15 menit. Setelah pemanasan tersebut, LTB dibuang dan akar dibilas dengan air. Kemudian ditambah lactogliserol hanya dibilas (Sastrahidayat, 2011).

Potongan akar disusun pada kaca preparat kemudian ditetesi larutan lactogliserol dan ditutup dengan kaca penutup. Pemilihan potongan akar dilakukan secara acak sebanyak 10 potongan. Preparat ini kemudian diamati menggunakan mikroskop. Persentase infeksi mikoriza dihitung dari jumlah akar yang terinfeksi dari 10 potongan akar yang diamati. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop. Akar yang terinfeksi mikoriza ditandai dengan adanya vesikel atau arbuskula dalam korteks akar tanaman. Mikoriza dikatakan viabel jika mempunyai

persentase infeksi sebesar 50%. Persentase infeksi mikoriza dihitung berdasarkan rumus (Alkareji, 2008) :

$$\% \text{ Terinfeksi} = \frac{\sum \text{akar yang terinfeksi}}{\sum \text{seluruh akar}} \times 100\%$$

Penggolongan tingkat infeksi akar adalah berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh *The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA* dalam Setiadi (2001), yaitu :

- a. Kelas 1, bila infeksi 0 – 5% (sangat rendah, +).
- b. Kelas 2, bila infeksi 6 – 26% (rendah, ++).
- c. Kelas 3, bila infeksi 27 – 50% (sedang, +++).
- d. Kelas 4, bila infeksi 51 – 75% (tinggi, ++++).
- e. Kelas 5, bila infeksi 76 – 100% (sangat tinggi, +++++).

### 3.2.9 Uji Kandungan Klorofil

Ekstraksi klorofil mengacu pada metode Hiscox dan Israelstam (1979) dimana daun ditimbang dengan berat 0,5 g dan dihancurkan dengan menggunakan mortar dan pestel, selanjutnya diekstrak dengan larutan aseton 85% 10 ml. Ekstrak yang diperoleh kemudian disaring dengan kertas saring dan dianalisis menggunakan spektrofotometer UV Vis pada panjang gelombang 644 nm dan 663 nm. Penghitungan kandungan klorofil (g/ml) ditentukan dengan rumus (Arnon, 1949 dalam Setiari dan Nurchayati, 2009):

$$\text{Klorofil total} = 8,02 (A.663) + 20,2 (644).W/V$$

Keterangan :

W: Berat daun (g)

V: Volume larutan acetone (ml)

### 3.2.10 Uji Profil Protein

Metode isolasi protein mengacu pada penelitian (Saputro, 2012), yakni sebagai berikut: daun tanaman Sengon ditimbang sebanyak 200 mg dan ditambahkan 200  $\mu$ L PBS kemudian digerus hingga homogen. Semua homogenat dikoleksi, kemudian dimasukkan pada tube steril. Homogenat disentrifuse 6000 rpm selama 5 menit. Supernatan diambil dan dipindahkan ke dalam tube steril yang baru dan disimpan pada suhu 4°C.

Supernatan yang didapat mengandung banyak protein, karena komposisi yang heterogen maka protein tersebut perlu dipisahkan untuk dilihat profilnya. Profil protein tanaman diamati untuk mengetahui apakah tanaman tersebut berhasil memproduksi protein yang berperan pada saat cekaman atau tidak. Media yang digunakan untuk memisahkan protein tersebut adalah gel SDS-PAGE yang terdiri dari *stacking gel* dan *separating gel*. *Stacking gel* SDS-PAGE yang dipisahkan memiliki konsentrasi 5% (bagian atas) dan gardien gel atau *separating gel* SDS-PAGE memiliki konsentrasi 10% (bagian bawah).

Setelah gel SDS-PAGE terbuat, maka larutan sampel dan marker dimasukkan ke dalam sumuran pada gel tersebut dan akan di *running* . Sampel sebanyak 30  $\mu$ L ditambah bufer 10  $\mu$ L, sehingga didapatkan volume akhir 40  $\mu$ L. Hasil campuran tersebut kemudian dipanaskan pada air mendidih selama 2 menit, lalu dibekukan pada suhu -20°C selama 15 menit. Langkah selanjutnya adalah melakukan pengisian (*loading*) pada sumuran gel elektroforesis. Proses *running* dilakukan dengan menggunakan tenaga 125 volt selama 2 jam. Proses dihentikan apabila dari loading dye mendekati batas bawah dari lembaran gel polyacrylamida.

Proses elektroforesis selesai maka dilakukan pewarnaan terhadap hasil elektroforesis dengan coomasime blue 0,1% dengan dishaker selama 30 menit. Pada proses ini akan didapatkan hasil berupa lembaran gel berwarna biru. Setelah proses pewarnaan selesai maka dilakukan didestaining untuk menghilangkan warna biru, namun pita-pita hasil running pada

lembaran agar tetap dipertahankan berwarna biru, yaitu dengan menambahkan larutan acetylides.

### 3.3 Rancangan Penelitian dan Analisis Data

#### 3.3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak (RA). Perlakuan yang dilakukan yaitu dengan memberikan konsentrasi mikoriza yang berbeda-beda pada tanaman Sengon, yaitu 0; 8,34; 16,67 dan 25 gr/Kg. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali.

#### 3.3.2 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan hipotesis sebagai berikut :

- a) H0 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. tidak berpengaruh efektif pada tinggi tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb.  
H1 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh efektif pada tinggi tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb.
- b) H0 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. tidak berpengaruh efektif pada biomassa/berat kering akar, batang dan daun tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb  
H1 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh efektif pada biomassa tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb.
- c) H0 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. tidak berpengaruh efektif pada panjang akar pada tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb.  
H1 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh efektif pada panjang akar pada tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb.
- d) H0 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. tidak berpengaruh efektif pada kandungan klorofil pada tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb.



H1 = Pemberian mikoriza *Glomus* sp. berpengaruh efektif pada kandungan klorofil pada tanaman Sengon dalam mengakumulasi logam berat Pb.

Analisis statistika menggunakan ANOVA *one-way* pada taraf signifikan ( $\alpha$ ) 0.05 untuk mengetahui sidik ragamnya. Jika hasil berbeda nyata maka analisis statistik akan dilanjutkan menggunakan uji Duncan.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Penelitian

#### 4.1.1 Persentase Infeksi Akar

Hasil Uji Anova (Lampiran 4) menunjukkan bahwa inokulasi *Glomus* sp. berpengaruh nyata terhadap persentase infeksi akar tanaman Sengon. Untuk melihat adanya perbedaan setiap perlakuan, dilakukan uji lanjutan Duncan yang tertera pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Persentase Infeksi *Glomus* sp. pada akar Sengon (*P. falcataria* L.)

Perlakuan	Infeksi <i>Glomus</i> sp. (%)
P1	0a
P2	0a
P3	57,5b
P4	67,5b
P5	70b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%.

P1 = Tanpa mikoriza+Tanpa Pb;

P2= Tanpa mikoriza+Pb;

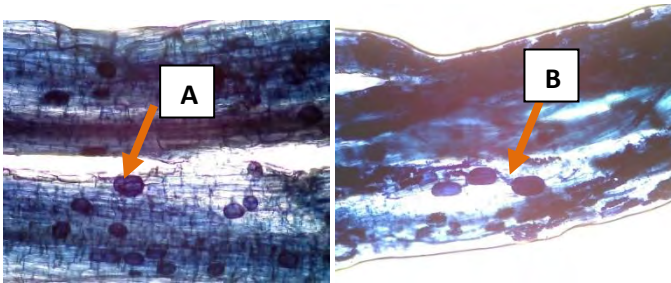
P3= Mikoriza 25gr+Pb;

P4= Mikoriza 50gr+Pb;

P5= Mikoriza 75gr+Pb.

Hasil uji DMRT (Tabel 4.1) menunjukkan bahwa perlakuan kontrol dengan perlakuan konsentasi 8,34; 16,67 dan 25 gr/Kg berbeda nyata, tetapi anatar perlakuan dengan inokulasi mikoriza tidak berbeda nyata. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan perlakuan konsentrasi mikoriza 25 gr/Kg menyebabkan infeksi akar paling optimal yaitu mencapai 70%.

Hasil pengamatan yang diperoleh sesuai dengan asumsi awal bahwa inokulasi mikoriza dapat meningkatkan jumlah akar yang terinfeksi. Dimana nilai persentase infeksi akar akan meningkat seiring dengan penambahan konsentrasi mikoriza. Semakin banyak inokulasi konsentrasi mikoriza pada akar tanaman Sengon maka nilai persentase infeksi semakin tinggi. Berikut merupakan gambar mikroskopis akar yang diinfeksi oleh *Glomus* sp.;



Gambar 4.1 Infeksi akar Sengon oleh mikoriza *Glomus* sp. Dengan perbesaran 100X (Sumber: Dokumentasi pribadi).  
Keterangan: (A: vesikel) (B: Hifa interseluler).

Berdasarkan pengamatan mikroskopis akar Sengon diamati dengan perbesaran 100X (Gambar 4.4) diketahui bahwa *Glomus* sp membentuk suatu struktur diantara sel-sel korteks akar yang berbentuk bulat lonjong (A) ini merupakan vesikula, serta membentuk hifa internal (B).

#### 4.1.2 Pengaruh Inokulasi Mikoriza *Glomus* sp. dan Pb Pada Pertumbuhan *P. falcataria* L.

Hasil uji ANOVA *one-way* terhadap parameter pertumbuhan tanaman *P. Falcatariala* L pada lahan tercemar Pb. disajikan dalam Tabel 4.2.

**Tabel 4.2.** Analisis Sidik ragam Pengaruh Inokulasi Mikoriza terhadap parameter pertumbuhan Sengon di lahan tercemar Pb

Parameter pertumbuhan	P	Keterangan
<b>Pertambahan Tinggi Tanaman</b>	0,08	*
<b>Panjang Akar</b>	0,096	tn
<b>Berat Kering Total</b>	0,569	tn
<b>Kandungan Klorofil</b>	0,000	*

Keterangan : tn; tidak nyata, \*; nyata, ( $P < 0,05$ )

Berdasarkan hasil uji ANOVA *one-way* (Tabel 4.2) dengan taraf kepercayaan 95% diketahui bahwa inokulasi mikoriza berpengaruh nyata terhadap pertambahan tinggi dan kandungan klorofil, tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap panjang akar berat kering. Untuk mengetahui adanya perbedaan pada parameter yang berbeda nyata tersebut dilakukan uji lanjutan DMRT.

**Tabel 4.3.** Pengaruh inokulasi *Glomus* sp. Terhadap parameter pertumbuhan tanaman Sengon tercekam Pb

Perlakuan	$\Delta$ tinggi tanaman (cm)	Panjang akar (cm)	Berat kering total (gr)	Klorofil (gr/ml)
P1	29,37a	25,22	15,94	12,56d
P2	23,5a	21,68	13,47	3,5a
P3	31,75ab	31,35	16,28	4,27a
P4	32,5ab	28,5	16,77	6,06b
P5	43,75b	31,5	17,86	8,99c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%.

P1 = Tanpa mikoriza+Tanpa Pb;

P2= Tanpa mikoriza+Pb;

P3= Mikoriza 25gr+Pb;

P4= Mikoriza 50gr+Pb;

P5= Mikoriza 75gr+Pb.

### **A. Pertambahan Tinggi Tanaman**

Tinggi batang merupakan parameter tanaman yang sering diamati baik sebagai indikator pertumbuhan maupun sebagai parameter yang digunakan untuk mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan (Peni, 2004). Tinggi tanaman merupakan indikator pertumbuhan yang paling mudah diukur.

Hasil analisis sidik ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza memberikan pengaruh nyata terhadap pertambahan tinggi tanaman Sengon selama pengamatan. Pengaruh antar perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4.3. Uji DMRT 5% diketahui bahwa antara kontrol negatif (2) dan positif (1) adanya perbedaan yang nyata dengan perlakuan konsentrasi mikoriza 25 gr/Kg. Namun pada konsentrasi 8,34 dan 16,67 gr/Kg tidak menunjukkan beda nyata dengan perlakuan kontrol dan konsentrasi 25 gr/Kg.

Berdasarkan hasil penelitian (Tabel 4.3) terlihat bahwa konsentrasi mikoriza 25 gr/Kg (Perlakuan 5) menyebabkan pertambahan tinggi paling optimal yaitu mencapai 43,75 cm. peningkatan tinggi tanaman dengan inokulasi mikoriza ini sesuai dengan pendapat bahwa tanaman yang terinfeksi oleh mikoriza menunjukkan pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak terinfeksi (Setiadi, 2001). Mikoriza juga diketahui dapat meningkatkan toleransi tanaman dalam kondisi tercekam logam berat. Terjadinya peningkatan tinggi tanaman berbanding lurus dengan mikoriza yang diinokulasikan, sebagaimana yang terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Tanaman Sengon Minggu ke-8 Pengamatan  
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Keterangan (Gambar 4.1): A= Tanpa mikoriza+Pb; B= Tanpa mikoriza+Tanpa Pb; C= Mikoriza 25gr+Pb; D= Mikoriza 50gr+Pb; E= Mikoriza 75gr+Pb.

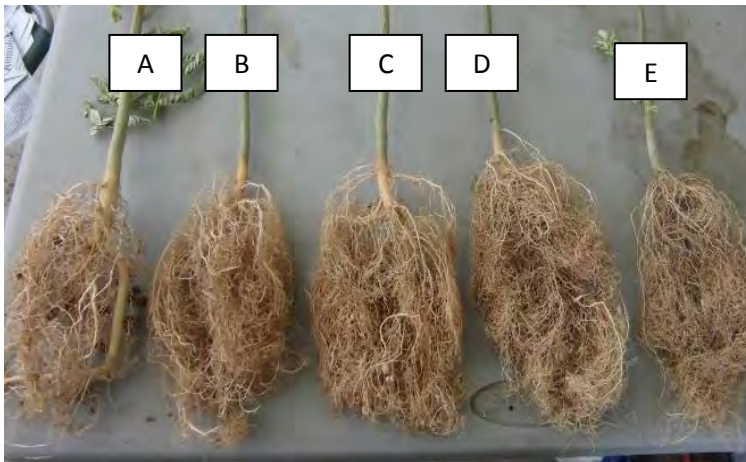
## B. Panjang Akar

Dalam proses pertumbuhan, akar memegang peranan yang sangat penting. Disamping berfungsi sebagai organ tumbuhan yang menopang agar tumbuhan dapat berdiri tegak, akar tumbuhan juga berperan aktif dalam proses penyerapan air dan mineral.

Hasil analisis sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza tidak berpengaruh terhadap panjang akar tanaman Sengon. Namun itu, berdasarkan data yang diperoleh (Tabel 4.3) menunjukkan bahwa akar yang diinokulasi oleh mikoriza memiliki panjang akar lebih besar dibandingkan dengan kontrol (tanpa mikoriza). Pada perlakuan konsentrasi mikoriza 25 gr/Kg menyebabkan panjang akar paling optimal. Ini sesuai

dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan sel akar yang diinokulasi dan diinfeksi oleh mikoriza ukuran akarnya akan semakin bertambah (Setiadi, 2001), selain itu mikoriza juga mampu mengurangi dan melindungi akar dari efek cekaman Pb.

Panjang akar berkolerasi dengan inokulasi konsentrasi mikoriza seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2. Namun jika dilihat dari Tabel 4.3 menunjukkan bahwa akar tanaman Sengon dengan konsentrasi 16,67 gr/Kg memiliki rata-rata panjang lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi mikoriza 8,34 gr/Kg, hal ini kemungkinan disebabkan adanya perbedaan nilai panjang akar yang terlalu signifikan dari setiap ulangan perlakuan.



Gambar 4.3 Akar Tanaman Sengon

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Keterangan (Gambar 4.3): A= Tanpa mikoriza+Pb; B= Mikoriza 25gr+Pb; C= Mikoriza 50gr+Pb; D= Mikoriza 75gr+Pb; E= Tanpa mikoriza+Tanpa Pb.

### **C. Berat Kering Total**

Berat kering tanaman merupakan parameter yang sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman, karena merupakan integrasi dari hampir semua peristiwa yang dialami oleh tanaman. Berat kering total diperoleh dengan menjumlahkan antara berat kering daun, batang dan akar.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza tidak berpengaruh nyata terhadap berat kering total tanaman Sengon. Akan tetapi, berdasarkan data yang diperoleh (Tabel 4.3) menunjukkan bahwa tanaman Sengon yang diinokulasi oleh mikoriza memiliki berat kering paling besar dibandingkan dengan tanaman Sengon tanpa mikoriza. Data tersebut juga menunjukkan bahwa berat kering total berbanding lurus dengan konsentrasi mikoriza yang diinokulasikan. Perlakuan dengan konsentrasi 25 gr/Kg menghasilkan berat kering paling optimal dari semua perlakuan kontrasi mikoriza.

Hal ini sesuai dengan penelitian Delvian (2006) bahwa tanaman bermikoriza memiliki berat kering lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tidak bermikoriza. Mikoriza membantu dalam meningkatkan tanaman dalam penyerapan unsur hara yang digunakan dalam proses fotosintesis, unsur hara yang meningkat akan berkolerasi dengan hasil fotosintesis yang akan mengakibatkan berat kering lebih besar.

### **D. Kandungan Klorofil**

Hasil uji sidik ragam (Tabel 4.2) menunjukkan bahwa inokulasi klorofil berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil pada tanaman Sengon. Dari hasil uji DMRT 5% (Tabel 4.3) diketahui bahwa antara kontrol negatif, kontrol positif, perlakuan konsentrasi 8,34 gr/Kg, perlakuan konsentrasi 16,67 gr/Kg dan 25 gr/Kg menunjukkan beda nyata. Namun perlakuan kontrol positif (2) tidak menunjukkan beda nyata dengan konsentrasi mikoriza 8,34 gr/Kg.

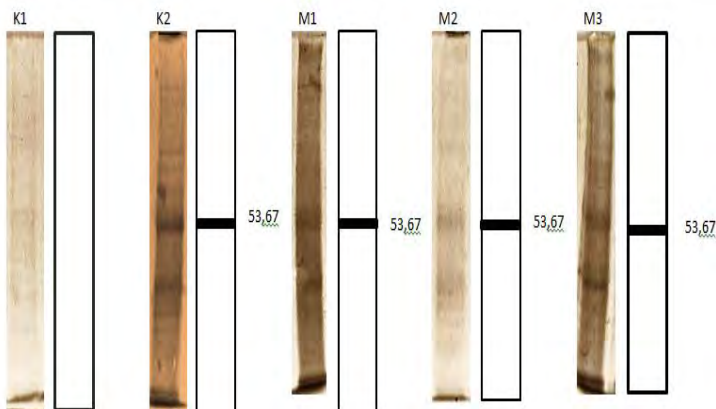
Berdasarkan data (Tabel 4.3) menunjukkan perlakuan inokulasi mikoriza meningkatkan kandungan klorofil tanaman



Sengon pada lahan tercemar Pb, ini dibuktikan bahwa tanaman Sengon yang tumbuh pada lahan tercemar Pb dengan diinokulasi mikoriza menghasilkan kandungan klorofil lebih besar dibandingkan dengan perlakuan kontrol positif (2). Tanaman Sengon perlakuan kontrol negatif (tanpa mikoriza+ tanpa Pb) memiliki kandungan klorofil paling besar dibandingkan dari semua perlakuan.

### E. Profil Protein

Tanaman merespon hadirnya logam berat di lingkungan dengan berbagai cara, salah satunya dengan mensintesis protein fitokelatin yang merupakan hasil dari mekanisme pertahanan berupa metabolit sekunder yang berikatan dengan logam. Fitokelatin terakumulasi di dalam vakuola sel-sel tumbuhan sebagai indikator dari cekaman logam berat (Taiz dan Zieger, 2002). Pada penelitian ini dilakukan analisis profil protein tanaman Sengon yang tercekam oleh logam Pb. Hasil analisis profil protein ditunjukkan pada gambar 4.4.



Gambar. 4.4 Profil Protein *Paraserianthes falcataria* L.

Keterangan:

K1= Tanpa mikoriza+Tanpa Pb

K2= Tanpa mikoriza+Pb

M1= 8,34gr mikoriza+ Pb

M2= 16,67gr mikoriza+ Pb

M3= 25gr mikoriza+ Pb

Berdasarkan hasil uji profil protein (Gambar 4.2) menunjukkan bahwa pita protein dengan berat molekul 53,67 kDa merupakan protein yang terbentuk pada saat tercekam Pb. Berdasarkan hasil NCBI menunjukkan bahwa protein yang terbentuk tersebut merupakan fitokelatin. Hal tersebut juga diperkuat dari penelitian sebelumnya bahwa tanaman *Arabidopsis* sp. yang tumbuh pada media tercemar Cd mengsekresikan senyawa fitokelatin dengan berat molekul 55 kDa.

Ketebalan pita protein pada gambar 4.2 menunjukkan konsentrasi protein tersebut. Dimana protein dengan intensitas yang lebih tebal memiliki konsentrasi yang lebih tinggi (Albert *et al.*, 2002). Ini terjadi seperti pada perlakuan kontrol positif, dimana pita protein yang terbentuk lebih tebal dibandingkan dengan pita protein pada perlakuan dengan penambahan mikoriza. ini disebabkan bahwa mikoriza dapat mengikat ion-ion logam berat dalam dinding sel hifanya, logam berat tersebut disimpan dalam crystalloid di dalam miselium. Sehingga fitokelatin yang disintesis oleh tanaman yang diinokulasi oleh mikoriza dalam konsentrasi rendah (Lasat, 2002).

## 4.2 Pembahasan

Infeksi akar merupakan bentuk awal dari proses simbiosis antara mikoriza dengan akar tanaman inang (Chalimah dkk., 2007). Pada penelitian ini mikoriza *Glomus* sp. yang dipakai merupakan jenis Endomikoriza yang melakukan infeksi akar sampai pada bagian korteks akar, dimana hifa masuk ke dalam korteks akar kemudian melakukan percabangan diantara sel-sel dan titik penetrasinya dan pada saat itu juga mikoriza akan

menyempurnakan proses morfogenesisnya dengan memproduksi hifa eksternal, internal, arbuskular dan vesikular seperti pada (Linderman, 1996). Vesikel merupakan struktur mikoriza yang berasal dari pembengkakan hifa internal secara terminal dan internal, kebanyakan berbentuk bulat telur dan mengandung banyak senyawa lemak. Hifa interseluler merupakan hifa yang menjalar diantara sel yang menembus korteks tetapi tidak meluas ke epidermis (Brundrett *et al*, 2004).

Berdasarkan data yang diperoleh (4.3) menunjukan bahwa inokulasi mikoriza pada tanaman Sengonakan meningkatkan pertumbuhan tanaman Sengon. Ini terlihat tanaman yang diinokulasi dengan konsentrasi 25 gr/Kg mengalami pertambahan tinggi batang, panjang akar, dan berat kering yang optimal dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa mikoriza).

Hal ini disebabkan mikoriza *Glomus* sp. yang menginfeksi sistem perakaran tanaman Sengonakan memproduksi jalinan hifa secara intensif, sehingga tanaman Sengon bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap air dan unsur mineral. Ini sesuai dengan penelitian Sastrahidayat (2011) menyatakan bahwa infeksi mikoriza dapat membantu tanaman dalam menyediakan nutrisi yang diperlukan dalam pertumbuhan dan pemanjangan sel-sel batang. Peningkatan pertumbuhan tanaman terinfeksi mikoriza disebabkan karena adanya peningkatan aktivitas fisiologis tanaman. Mikoriza berperan meningkatkan aktivitas hormon auksin yang berperan dalam pengembangan sel-sel di daerah meristem sehingga sel tersebut lebih panjang dan berkembang (Sastrahidayat, 2011).

Infeksi mikoriza pada akar tanaman menyebabkan tanaman mampu memanfaatkan unsur-unsur P yang tidak tersedia menjadi tersedia. Ini disebabkan hifa eksternal pada mikoriza dapat menyerap unsur P dari dalam tanah, kemudian hifa akan mensekresikan enzim phosphatase yang mampu melepaskan unsur P dari ikatan-ikatan spesifik sehingga menjadi senyawa fosfat organik yang dapat diserap oleh tanaman. Unsur fosfat pada tanaman berfungsi untuk memacu pertumbuhan (Rossiana,

2003). Mikoriza meningkatkan penyerapan unsur Mg yang merupakan unsur utama dalam sintesis klorofil. Selain itu mikoriza juga mampu menginduksi zat perangsang tumbuh, seperti asam giberelat yang berperan dalam pembentukan klorofil (Peni dkk, 2004).

Sel akar yang terinfeksi mikoriza ukurannya akan semakin bertambah, disebabkan karena hifa ekstraseluler memperluas permukaan penyerapan unsur hara. Suplai unsur hara yang lebih akan meningkatkan aktivitas protoplasma sel sehingga menunjang pertumbuhan sel. Dengan adanya pertumbuhan sel dan jaringan yang baik pada akar, maka akan meningkatkan panjang akar (Dwidjoseputro, 1999). Infeksi mikoriza akan menginduksi akar untuk mensekresikan hormon rizokalin lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang tidak diinfeksi, dimana rizokalin merupakan suatu hormon yang berfungsi untuk merangsang pembentukan akar pada tanaman (Aldemas dan Morton, 2006).

Berdasarkan data yang diperoleh (Tabel 4.3), mikoriza dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk bertahan pada lahan tercemar logam berat Pb. Mekanisme perlindungan mikoriza terhadap logam berat dapat melalui efek filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi, atau mengakumulasi logam berat tersebut dalam hifa. Menurut Rossiana (2003) menyatakan mikoriza diketahui dapat mengikat logam berat pada selubung polisakarida dan dinding sel hifa. Mikoriza akan mensekresikan senyawa protein yaitu glomalin yang berperan dalam mereduksi logam berat di tanah (Wright *et al*, 1998).

Berdasarkan uji profil protein tanaman Sengon yang tumbuh pada lahan tercemar Pb mensintesis senyawa protein yang disebut fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan peptida yang mengandung 2-8 asam amino sistein di pusat molekul serta suatu asam glutamat dan sebuah glisin pada ujung yang berlawanan. Fitokhelatin dibentuk di dalam nukleus yang kemudian melewati retikulum endoplasma (RE), aparatus golgi, vasikula sekretori untuk sampai ke permukaan sel. Bila bertemu dengan Timbal

(Pb) serta logam berat lainnya fitokhelatin akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks sehingga Timbal (Pb) dan logam berat lainnya akan terbawa menuju jaringan tumbuhan. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade (Taiz dan Zieger, 2002).

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Simpulan**

Kesimpulan yang didapatkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa inokulasi konsentrasi *Glomus* sp. 8,34; 16,67 dan 25 gr/Kg tanah memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan tanaman Sengon pada lahan tercemar Pb. Adapun untuk pengaruh pertumbuhan yang optimal terjadi pada tanaman Sengon dengan konsentrasi 25 gr/Kg tanah.
2. Berdasarkan uji profil protein pada tanaman Sengon yang tercekam pb teridentifikasi terbentuknya pita protein dengan berat molekul 53,67 kDA, yang merupakan protein yang muncul dalam kondisi cekaman logam Pb.

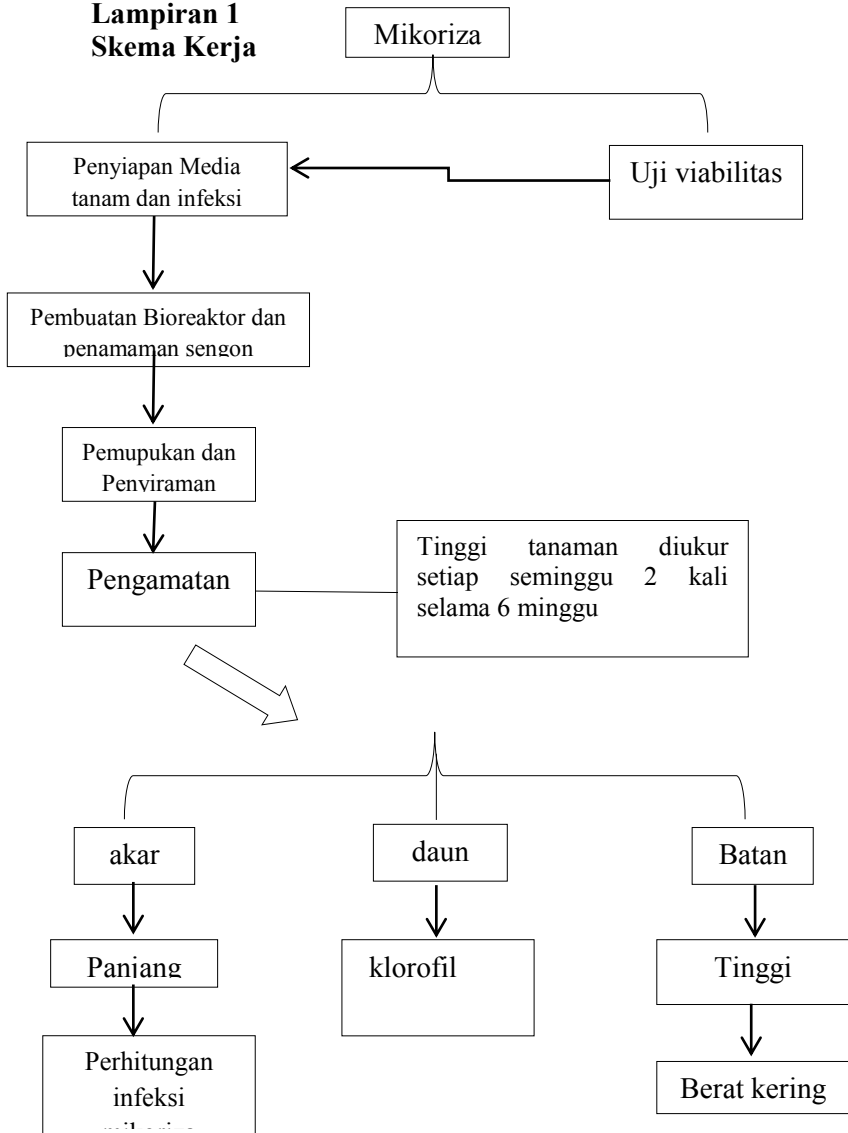
#### **5.2 Saran**

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisis menggunakan jenis mikoriza (MVA) dan logam berat yang berbeda.
2. Pada penelitian selanjutnya juga bias menggunakan jenis tanaman berbeda.
3. Pada penelitian selanjutnya sangat penting untuk melakukan optimalisasi pada preparasi sampel protein, sehingga profil potein dapat terlihat dengan baik.

**“ Halaman ini sengaja dikosongkan”**

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Skema Kerja





**Lampiran 2****Komposisi Media *Phosphate Buffer Saline* (PBS)**

Potassium Chloride (KCl) : 200 mg

Natrium Chloride (NaCl) : 8000 mg

Sodium Phosphate dibasic (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) : 1150 mg

Photassium dyhydrogen phosphate (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) : 240 mg

## Lampiran 3

### Hasil Uji Kimia Tanah



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN TANAH  
Jalan Veteran Malang 65145

Telp. : 0341 - 551611 psw. 316, 553623, 566290 Fax : 0341 - 564333, 560011 e-mail : soilub@ub.ac.id

Mohon maaf, bila ada kesalahan dalam penulisan : Nama, Gelar Jabatan dan Alamat

Nomor : 57 / UN.10.4 / T / PG - KT / 2015

#### HASIL ANALISIS CONTOH TANAH

a.n. : Nurul Alfiah

Alamat : Biologi - ITS

Lokasi Tanah : Taman Keputih Sukolilo - Surabaya

Terhadap kering oven 105°C

No.Lab	Kode	pH 1:1		C. organik	N total	C/N	Bahan Organik	P.Olsen	K		Pb	Kadar
		H <sub>2</sub> O	KCl 1N						NH <sub>4</sub> OAC 1N pH.7	HCl 0.1N		
				.....%			%	mg kg <sup>-1</sup>	me/100g	ppm		%
TNH 110	ULANGAN 1	7,0	6,3	0,55	0,02	22	0,96	6,80	0,15	t u		23
TNH 111	ULANGAN 2	7,1	6,3	0,47	0,02	21	0,80	3,69	0,17	t u		24
TNH 112	ULANGAN 3	7,1	6,4	0,47	0,02	23	0,81	2,97	0,14	0,31		22

Keterangan

t u : Tak terukur



Prof. Dr. Ir. Zaenul Kusuma, MS  
NIP. 19540501 198103 1 006

Ketua Lab. Kimia Tanah

Prof. Dr. Ir. Syekh Hani, MS  
NIP. 19480723 197802 1 001

Didukung Laboratorium, Analisa lengkap dan khusus untuk kepentingan Mahasiswa, Dosen dan Masyarakat **ILAB, KIMIA TANAH** : Analisa Kimia Tanah / Tanaman, dan Rekomendasi Pemupukan **ILAB, FISIKA TANAH** : Analisa Fisik Tanah, Perancangan Konservasi Tanah dan Air, serta Rekomendasi Irigasi **ILAB, PEDOLOGI DAN SISTEM INFORMASI SUMBERDAYA LAHAN**, Penginderaan Jauh dan Pemetaan : Interpretasi Foto Udara, Pembuatan Peta, Survei Tanah dan Evaluasi Lahan **ILAB, BIOLOGI TANAH** : Analisa Kualitas Bahan Organik dan Pengelolaan Kesuburan Tanah Secara Biologi, UPT Kompos.

### Lampiran 4

**Tabel 1. Hasil Uji ANOVA *One way* Infeksi Akar**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17250,000	4	4312,500	48,750	,000
Within Groups	1150,000	13	88,462		
Total	18400,000	17			

**Tabel 2. Hasil Uji Duncan Panjang Akar**

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Perlakuan a	2	,0000	57,5000 67,5000 70,0000 ,126
Perlakuan b	4	,0000	
Perlakuan c	4		
Perlakuan d	4		
Perlakuan e	4		
Sig.		1,000	

## Lampiran 5

**Tabel.1 Hasil Uji ANOVA *one way*  $\Delta$  Tinggi Tanaman**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	869,450	4	217,363	5,207	,008
Within Groups	626,188	15	41,746		
Total	1495,638	19			

**Tabel 2. Hasil Uji Duncan  $\Delta$  Tinggi Tanaman**

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Perlakuan a	4	23,5000	43,7500
Perlakuan b	4	29,3750	
Perlakuan c	4	31,7500	
Perlakuan d	4	32,5000	
Perlakuan e	4		
Sig.		,088	1,000

## Lampiran 6

**Tabel 1. Hasil Uji ANOVA *one way* Panjang Akar**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	283,265	4	70,816	2,405	,096
Within Groups	441,765	15	29,451		
Total	725,030	19			

**Tabel 2. Hasil Uji Duncan Panjang Akar**

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
Perlakuan b	4	21,6750	25,2250 28,5000 31,3500 31,5000
Perlakuan a	4	25,2250	
Perlakuan d	4	28,5000	
Perlakuan c	4		
Perlakuan e	4		
Sig.		,111	,152

## Lampiran 7

**Tabel 1. Hasil Uji ANOVA *one way* Berat Kering Total**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	42,858	4	10,714	,411	,798
Within Groups	390,607	15	26,040		
Total	433,465	19			

**Tabel 2. Hasil Uji Duncan Berat Kering Total**  
**Berat kering sengon dalam satuan (gram)**

Duncan

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Perlakuan b	4	13,4725
Perlakuan a	4	15,6925
Perlakuan c	4	16,4425
Perlakuan d	4	16,7725
Perlakuan e	4	17,8575
Sig.		,288

## Lampiran 8

**Tabel 1. Hasil Uji ANOVA *one way* Kandungan Klorofil**

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	166,442	4	41,610	70,606	,000
Within Groups	5,893	10	,589		
Total	172,335	14			

**Tabel 2. Hasil Uji Duncan Kandungan Klorofil**

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
Perlakuan b	3	3,5000	6,0600	8,9933	12,5633
Perlakuan c	3	4,2700			
Perlakuan d	3				
Perlakuan e	3				
Perlakuan a	3				
Sig.		,247	1,000	1,000	1,000

## DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Z. 1984. **Dasar Pengetahuan Ilmu Tanaman**. Bandung: Penerbit Angkasa.

Alberts, B., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K., and Walter, P. 2002. **Molecular Biology of the Cell. Edisi ke-4**. New York: Garland Science.

Aldeman, J. M., and J. B. Morton. 2006. Infectivity of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influence Host Soil Diluent Combination on MPN Estimates and Percentage Colonization. **Soil Biolchen Journal**. 8(1) : 77-83.

Alkareji. 2008. **Pemanfaatan Mycorrhizal Helper Bacteria (Mhbs) dan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Sengon (*Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen*) di Persemaian**. Bogor: Tugas Akhir. Institut Pertanian Bogor. Departemen Silvikultur.

Alloway, B. J. 1998. **Heavy Metals in Soils**. Blackie Academic and Profesional. Glasgow. 206-223 .

Atmosuseno, Budi Setiawan .1999. **Budi Daya, Kegunaan, dan Prospek Sengon**. Jakarta : Penebar Swadaya.

Bakhtiar,Y. 2002. Selection of Vascular Mycorrhiza (VAM) Fungi, Host Plants and Spore Numbers for Producing Inoculum. **J. Biosains dan Bioteknologi Indonesia** 2(1); 36-40.



Bai, H. J., Zhang, Z. M., Yang, G. E. dan Li B. Z. 2008. Bioremediation of Cadmium By Growing Rhodobacter Sphaeroides: Kinetic Characteristic and Mechanism Studies. **J.Biores Technol** 99: 7716-7722.

Bollag, D. M. dan Edelstein, S. J. 1991. **Protein Methods. Departement of Biochemistry.** Geneva, Switzerland : University of Geneva.

BPTP. 2010. **Potensi Cendawan Mikoriza Arbuskula untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Jagung.** Medan: . Balai pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Utara.

Brock, T.D., Madigan, M.T., Martinko, J.M. dan Parker, J. 1992. **Biology of Microorganisms.** Prentice Hall. Englewood Cliffs: New Jersey.

Brundrett, M. 2004. Diversity and Classification of Mycorrhizal Associations. **Biol.Rev.** 79:473–495.

Burzynski, M. 1987. The Uptake and Transpiration of Water and The Accumulation of Lead By Plants Growing on Lead Chloride Solutions. **Acta Societatis Botanicorum.** Poloniae, 56: 271-280.

Chalimah S., Muhadiono, L. Aznam, S. Haran dan N. Toruan. 2007. Perbanyakkan *Gigaspora* sp. dan *Aclauspora* sp. dengan kultur Pot di Rumah Kaca. **Biodiversitas** Vol 7: 12-9.

Charoenpakdee S., Phosri C., Dell B. dan Lumyong S. 2010. The Mycorrhizal Status Of Indigenous Arbuscular Mycorrhizal Fungi Of Physic Nut (*Jatropha Curcas*) In Thailand. **Mycosphere** 1(2) : 167-181

Chen B., Hong S., Xiaolin L., Gu Feng dan Peter C. 2004. Effects of EDTA Application and Arbuscular Mycorrhizal Colonization On Growth and Zinc Uptake By Maize (*Zea mays* L.) In Soil Experimentally Contaminated with Zinc. **Journal Soil** 261: 219-229.

Connel, Des. W dan Gregory, J. M.1995. **Kimia dan Ektoksikologi Pencemaran**. Jakarta: UI Press.

Cobbet, C. S., 2000, Phytochelatin Biosynthesis and Function in Heavy Metal Detoxification, Curr. Opin. **Plant. Biol.**, 3 : 211 – 216.

Devlin, Robert M. 1998. **Plant Physiology Third Edition**. New York : D. Van Nostrand.

Delvian. 2006. Pengaruh cendawan mikoriza arbuskula dan naungan Terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Manis(*Cinnamomum burmanii* BL). **Forest Science J** Vol 2: 1-5

Dubey KK dan Fulekar MH. 2011. Mycorrhizal Development and Management: The Role of Nutrient, Micro-Organisms and Biochemical Activities. **Journal Agric Biol**, North Amer 2 (2): 315- 324.

Durrani R., M. Abubakar., M. Javed Arshed., Shamin S., Irfan U. Dan Qurban A. 2008. Biological Characterization and Protein Profiles of Two Model Bacteria by SDS-PAGE and FT-IR. **Journal of Agricultural and Biological Science**. Vol. 3, no. 5-6.

Dwidjoseputro. 1999. **Pengantar Fisiologi Tumbuhan Jilid IV**. Jakarta: Penerbit Gramedia Pustaka Utama.

Eick M. J., Peak J. D., Brady P. V dan Pesek J. D. 1999. Kinetics of Lead Adsorption and Desorption on Goethite: Residence Time Effect. **Journal of Soil. Sci.** 164:28–39.

Eun, S.O., H.S. Youn dan Y. Lee. 2000. Lead Distrubs Microtubule Organization in The Root Meristem of *Zea mays*. **Physiol. Plant**, 110: 357-365.

Gali U., Meier M. dan Brunold C. 1993. Effect of Cadmium on Non Mycorrhizal and Mycorrhizal Fungus (*Laccasaria laccata* Scop.Ex.Fr)Bk and Br.: Sulphate Reduction, Thiols and Distribution of The Heavy Metal. **New Phytol** 125: 837-843.

Ghamdil A. A., Hasnah M., Jais dan Aisha K. 2012. Relationship Between the Status of Arbuscular Mycorrhizal Colonization in the Roots and Heavy Metals and Flavonoid Content in the Leaves of *Juniperus procera*. **Journal of Ecology and the Natural Environment** Vol. 2(8), pp. 212-218, May 2012.

Ghani, NTA., Hefny, M., Chaghaby, GAF., 2007, Removal of Lead from Aqueous Solution Using Low Cost Abundantly Available Adsorbents, **Int. J. Environ. Sci. Tech.**, 4(1): 67-73.

Ghelich SI, Zarinkamar, & Fatemeh. 2013. Histological and ultrastructure changes in *Medicago sativa* in response to lead stress. **Phyto J** 2: 20-29.

Giasson P., Alfred J., Serge G. Dan Peter M. 2005. Arbuscular Mycorrhizal Fungi Involvement In Zinc and

Cadmium Speciation Change and Phytoaccumulation. **Remediation Journal** 15 (2): 75-81.

Gohre V. dan Paszkowski U. 2006. Contribution of The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis to Heavy Metal Phytoremediation. **Plant** 223: 1115-1122.

Hapsari R., Tutik N. Dan Kristanti I. P. 2012. **Aplikasi Mikoriza Indigenous Dari Lahan Gunung dan Tegal di Pamekasan pada Tanaman Tembakau Madura (*Nicotiana tabacum*)**. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Hartoyo B., M. Ghulmadhi., L. K. Darusman., S. A. AZIZ. Dan I. Mansur. 2011. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Rizosfer Tanaman Pegagan (*Centella asiatica* (L.)). **Jurnal Littri** Vol. 17 No. 1, Maret 2011 : 32 – 40.

Hemes, B.D.1998.**Gel Electrophoresis of proteins**. London: Oxford university press.

Heyne T. 1987. **Tumbuhan Berguna Indonesia**. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.

Hirata K., Naoki T. dan K. Miyamoto. 2005. Biosynthetic Regulation of Phytochelatins, Heavy Metal-Binding Peptides. **Journal of Bioscience and Bioengineering**. VOL.100, 2005.

Imas T., R. S. Hadioetomo A. W., Gunawan dan Y. Setiadi. 1989. **Mikrobiologi Tanah II Jilid 2**. Bogor: IPB.

Janouskova M., D. Pavlikova. dan M. Vosatka. 2006. Potential Controbution of Arbuscular Mycorrhiza to Cadmium Immobilization In Soil. **Chemosphere** 62: 1959-1965.

Janson J. C dan Rayden L. (1998). **Protein Purification: Principles, High Resolution Methodes, and Applications, 2nd edition**. New York: A john willey & Sons Inc. Pub.

Jemal F., L. Didierjean., R. Ghrir., M. H. Ghorbal dan G. Burkad 1998. Characterization Of Cadmium Binding Peptides From Pepper (*Capsicum annuum*). **Plant Science**. 137 (1998)143–154.

Johnson M. S. dan J. W. Eaton. 1980. Environmental Contamination Through Residual Trace Metal Dispersal from a Derelict Lead-Zinc Mine. **Journal of Environ. Qual.**, 9: 175-179.

Joner E. J., Briones R. dan Leyval C. 2000. Metal-Binding Capacity of Arbuscular-Mycorrhizal Mycelium. **Journal of Soil** 226 (2): 227-234.

Jones R. L., Bob B. dan Wilhem G. 1991. **Biochememestry & Moleculer Biolocoy of Plants**. Rockville-Maryland: America Society of Plant Physiology.

Kabata D., Pendias A (1992). **Trace Elements in Soils and Plants**. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp:321 – 337.

Khan A. G. 2006. *Mycorrhizoremediation* - an enhanced form of phytoremediation. **J Zhejiang Univ Science B** 7 (7): 503-514.

Kovacs M. 1992. **Biological Indicators in Environmental Protection**. England: Market Cross House.

Krisnawati H., E. Varis, M. Kallio dan M. Kannien. ***Paraserianthes falcataria* L. Nielsen Ekologi, Silvikultur dan Produktivitas**. Bogor: CIFOR (Center for International Forestry Research).

Labra M., Gianazza E., Waitt R., Eberini I., Sozzi A., Regondi S., Grassi F. Dan Agradi E. 2006. Zea mays L. Protein Changes In Response To Potassium Dichromate Treatments". **Chemosphere** 62 (2006) 1234–1244.

Laemmli U. K. 1970. Cleavage of Structural Proteins During The Assembly of The Head of Bacteriophage T4. **Nature**. 227:680-685.

Lakitan B. 1996. **Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan**. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Leyval C., Joner E. J., Val C. D. dan Haselwandter K. 2002. Potential of Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Bioremediation. In: Gianinazzi S, Schuepp H, Barea JM, Haselwandter K (eds) **Mycorrhizal Technology in Agriculture**. Burkhiluser Verlag, Switzerland.

Liderman, R.G. 1988. Mychorrizal Interaction with the Rhizosphere Microflora the Mychorrizosphere Effect. **Phytopathology**. 78(3):366-371.

Malekzadeh E., H. A. Alikhani., G. R. S. Firoozabadi dan M. Zarei. 2011. Influence of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Improving Growth Bacterium on Cd Uptake and Maize Growth in Cd-Polluted Soils. **Spanish J Agric Res** 9 (4): 1213-1223.

Manahan S. E. 1977. **Environmental Chemistry**. London: Longman Chesire.

Martawijaya A., Kartasujana I., Mandang Y.I., Prawira S. A. dan Kadir K. 1989. **Atlas Kayu Indonesia Jilid II**. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan.

Mengel K. dan E. A. Kirby. 1987. **Principles of Plant Nutrition**. New York: International Potash Institute.

Munzuroglu O. dan H. Geckil. 2002. Effects of Metals on Seed Germination, Root Elongation and Coleoptile and Hypocotyl Growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*. **Arch Environ. Contam. Toxicol.**, 43: 203-213.

Nugroho T. A dan Z. Salamah. 2015. Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Biji Sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). **JUPEMASI-PBIO** Vol 2 No 1.

Nurhayati. 2010. Pengaruh Waktu Pemberian Mikoriza Veskular Arbuskular Pertumbuhan Tomat. **Journal Agrivigor** Vol. 9 N0. 3.

Olivares E. 2003. The Effect of Lead on Phytochemistry of *Tithonia diversifolia*: Exposed to Roadside Automotive Pollution or Grown in Pots of Pb Supplemented Soil. **Brazilian Journal Plant Physiology** 15(3): 149-158.

Paivoke. 2002. Soil Lead Alters Phytase Activity and Mineral Nutrient Balance of *Pisum sativum*. **Environ. Exp. Bot.** 48:61-73

Palar H. 2004. **Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat**. Jakarta: Rieneka Cipta.

Patra M., N. Bhowmik., B. Bandopadhyay dan A. Sharma. 2004. Comparison of Mercury, Lead and Arsenic with Respect to Genotoxic Effects on Plant Systems and the Development of Genetic Arsen Tolerance. **Environ. Exp. Bot.**, 52: 199-223. Bot., 52: 199-223.

Peni D.K., Solichatun dan E. Anggarawulan. 2004. Pertumbuhan, Kadar Klorofil-Karotenoid, Saponin, Aktivitas Nitrat reduktase Anting-anting (*Acalypha indica* L.) pada Konsentrasi Asam Giberelat (GA3) yang Berbeda. **Biofarmasi 2** Vol 1: 1-8.

Poedjiadi Anna, Supriyanti Titin F.M. (1994). **Dasar-Dasar Biokimia**. Jakarta: UI Press.

Ramade, F., 1987. **Ecotoxicity**. John Wiley and sons, Chichester, pp: 119-135.

Rossiana N. dan Titin S. 2003. **Penurunan Kandungan Logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Senogon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) Bermikoriza Dalam Medium Limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi**. Bandung: UNPAD.

Sastrahidayat I. R. 2011. **Rekaya Pupuk Hayati Mikoriza Dalam Meningkatkan Produksi Pertanian**. Malang: Universitas Brawijaya Press.



Setiadi Y. I., Mansur S. W., Budi dan Ahmad. 1992. **Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan**. Bogor : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB.

Setiadi Yadi. 2001. **Peranan mikoriza arbuskula dalam rehabilitasi lahan kritis di Indonesia**. Bogor: IPB.

Sharma P. dan R.S. Dubey. 2005. Lead Toxicity In Plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17: 35-52.

Shivakumar C. K., Hemavani C. Thippeswamy B. dan Krishnappa M. 2011. Effect of Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Green Gram Grown In Soil Containing Heavy Metal Zinc. *J Experim Sci* 2 (10): 17-21.

Sitompul S. N dan B. Guritno. 1995. **Analisis Pertumbuhan Tanaman**. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.

Soerianegara, I. dan Lemmens, R. H. M. J. 1993. **Plant Resources of South-East Asia 5(1): Timber Trees: Major Commercial Timbers**. Belanda: Pudoc Scientific Publishers.

Steenis Van. 1992. **Flora**. Diterjemahkan oleh M. Soerjowinoto. Jakarta: Pradnya Paramita.

Sudarmaji. 2006. Toksikologi logam Berat Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dan Dampaknya. **Jurnal Keshling**. Volume 2 no. 2.

Sudová R. dan Vosátka M. 2007. Differences in The Effects of Three Arbuscular Mycorrhizal Fungal on P and

Pb Accumulation By Maize Plants. **Plant Soil**. 296: 77-83.

Suharti. 2008. Aplikasi Inokulum *EM-4* dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan Bibit Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.). **Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam**. Volume V no. 1.

Sumardjo D. 2009. Pengantar **Kimia. Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata I Fakultas Bioeksakta** . Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Taiz L. dan E.Zieger. 1998. **Plant Physiology**. Massachussets: Sinaver Associates. Inc. Publisher.

Talanca, A.H dan A.M.Adnan. 2005. **Mikoriza dan Manfaatnya Pada Tanaman**. Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI, ISBN : 979-95025-6-7 : Sulawesi Selatan

Tauchid I. 2011. **Pengaruh *Glomus aggregatum* Yang Diinokulasikan Pada Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) Dalam Menurunkan Total Petroleum Hydrocarbon**. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Program Studi Biologi, Surabaya.

Wattimena, G.A. 1988. **Zat Pengatur Tumbuh Tanaman**. Bogor: IPB.

Widianingrum. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya.**Teknologi Pertanian**. Vol 3.

Wright, S.F. and A. Upadhyaya, 1998. A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. **J.Plant and Soil** 198 : 97 - 107.

Zengin F. K. 2005. Effect of Heavy Metals On Content of Chlorophyll, Proline and Some Antioxidant Chemicals In Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Seedlings. **Acta Biologica Charoviensia series Botanica** 47/2: 157-164.

Zainudin M.2014. **Teknik Dasar Analisis Biologi Molekuler**. yogyakarta: Deepublish



## BIODATA PENULIS

Penulis lahir di Surabaya, 25 Maret 1993. Penulis menjalani masa sekolahnya dasar di SDN Pangkalan 6 Pandeglang. Tahun 2005 melanjutkan sekolah di pesantren tepatnya di SMP Daar El-Falaah Pandeglang. Tahun 2008 melanjutkan ke pesantren yang sama yaitu SMA Daar El-Falaah Pandeglang. Tahun 2011 penulis diterima di Jurusan Biologi ITS dengan jalur Beasiswa PBSB oleh Kementerian Agama Republik Indonesia. Selama di bangku kuliah penulis aktif di beberapa kegiatan Organisasi intra dan ekstra kampus. Pada tahun kedua penulis menjadi anggota Lembaga Dakwah Kampus Jama'ah Masjid Manarul Ilmi (LDK-JMMI) ITS dibawah naungan Departemen Dana dan Usaha. Kemudian saat tahun yang sama pula menjadi anggota organisasi CSSMoRA ITS (*Community Santri of Scholar of Ministry of Religious Affairs*) pada Departemen Kewirausahaan. Pada tahun ketiga penulis aktif di organisasi CSSMoRA ITS sebagai staff Departemen Syiar serta menjadi Penanggung Jawab Regional Banten pada kegiatan Nasional yaitu OSSPEN (Olimpiade Sains dan Seni Pesantren). Penulis aktif dalam kegiatan jurnalistik dengan keterlibatannya dalam redaksi Majalah santri (MAJALAH ISTIQOMAH). Penulis juga pernah melaksanakan kegiatan kerja praktek sebagai asisten Laboratorium Unit Pembibitan dan Koleksi Biji di LIPI Purwodadi. Penulis dapat dihubungi melalui email: [ghasanidian@gmail.com](mailto:ghasanidian@gmail.com)